



**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

**Express Mail No.: EL627426133US**

**In re application of: Risto VAISANEN**

**Serial No.: 0 /**

**Filed: Herewith**

**For: METHOD AND ARRANGEMENT FOR RECEIVING A FREQUENCY MODULATED SIGNAL**

**Group No.:**

**Examiner:**

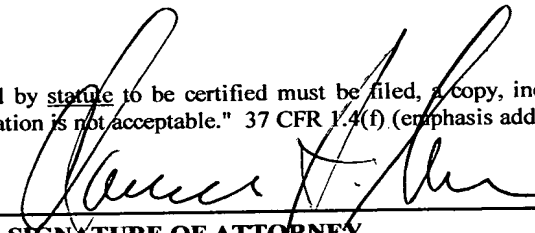
**Commissioner of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231**

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY**

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

**Country : Finland**  
**Application Number : 20001000**  
**Filing Date : 27 April 2000**

**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 CFR 1.4(f) (emphasis added.)

  
**SIGNATURE OF ATTORNEY**

**Reg. No.: 24,622**

**Clarence A. Green**

**Tel. No.: (203) 259-1800**

**Type or print name of attorney**

Perman & Green, LLP

**Customer No.: 2512**

**P.O. Address**

425 Post Road, Fairfield, CT 06430

**NOTE:** The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent if the foreign application is referred to in the oath or declaration as required by § 1.63.

(Transmittal of Certified Copy [5-4])

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 21.2.2001

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

1c929 U.S. PRO  
09/843014  
04/26/01



Hakija  
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd  
Espoo

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20001000

Tekemispäivä  
Filing date

27.04.2000

Kansainvälinen luokka  
International class

H04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä ja järjestely taajuusmoduloidun signaalin  
vastaanottamiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä  
patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,  
patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the  
description, claims, abstract and drawings originally filed with the  
Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## Menetelmä ja järjestely taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi - För- farande och arrangemang för att motta en frekvensmodulerad signal

Keksinnön kohteena on menetelmä ja järjestely taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, ja erityisesti signaalin demoduloimiseksi. Keksintö on sovelletta-  
5 vissa edullisesti matkaviestimen vastaanottimessa.

Ennestään tunnetaan välitaajuustekniikalla toteutettuja vastaanottimia (superheterodyne). Välitaajuustekniikkaa käytettäessä vastaanotettava radiotaajui-  
nen signaali sekoitetaan alemmalle taajuudelle käyttämällä yhtä tai useaa välitaajuut-  
ta, joka on oleellisesti kantataajuutta suurempi. Välitaajuustekniikka kuitenkin  
10 edellyttää monimutkaisempia ja valmistuskustannuksiltaan suurempia vastaanotti-  
mia kuin nykyisin yleistynä suoramuunnostekniikka. Lisäksi välitaajuustekniikalla  
toteutetun vastaanottimen virrankulutus on huomattavasti suurempi kuin suora-  
muunnostekniikalla toteutetun vastaanottimen. Suoramuunnostekniikalla eli nolla-  
välitaajuustekniikalla tarkoitetaan yhden taajuussekoituksen käyttöä vastaanotetta-  
15 van moduloidun signaalin muuntamiseksi I/Q-signaaleiksi riittävän matalalle taa-  
juudelle, jotta kanavasuodatuksessa voidaan käyttää alipäästösuodattimia ja jotta ei  
tarvita erillistä uutta taajuussekoitusta.

Voidaan ajatella, että suoramuunnosvastaanotin toteutettaisiin käyttämällä matalaa  
välitaajuutta, jonka suuruus olisi puolet tiedonsiirtojärjestelmän kanavavälistä. Täl-  
20 löin sekoittimena voitaisiin käyttää peilitaajuutta vaimentavaa sekoittajaa, jolloin  
viereisellä kanavalla tarviottava peilitaajuusvaimennus (esim. 26 dB) olisi saavutet-  
tavissa. Tällaista ratkaisua ei hakijan tietojen mukaan ole esitetty julkisesti.

Kuviossa 1 esitetään lohkokaaavio erästä ennestään tunnetusta peilitaajuutta vai-  
mentavasta sekoittajasta taajuusmoduloidun signaalin vastaanottoa varten. Antennil-  
25 la 1 vastaanotettava signaali suodatetaan kaistanpäästösudattimella 2 ja vahviste-  
taan vahvistimella 3. Paikallisvärähtelijän signaalia LO vaihesiirretään 90° lohossa  
4 ja sekoitetaan sanotun vahvistetun signaalin ylempään haaraan sekoittimella 5.  
Sekoitustulos vaihesiirretään tämän jälkeen 90° lohossa 6. Paikallisvärähtelijän  
signaali LO johdetaan samanvaiheisena (0° lohko 7) ja sekoittimeen 8, jossa se se-  
30 koitetaan sanotun vahvistetun signaalin alempaan haaraan. Alemman haaran seko-  
itustulos siirretään tämän jälkeen samanvaiheisena (0° lohossa 9) summaimeen 10,  
jossa sekoitustuloksena syntyneet signaalit summataan yhteen 10 välitaajuiseksi sig-  
naaliksi IF (Intermediate Frequency).

Jos välitaajuuden suuruus on puolet kanavavälistä, se voisi olla esim. 15 kHz. Tämä on kuitenkin liian pieni taajuus, jotta tavanomainen FM-ilmaisim pystyisi toimimaan demodulaattorina tavanomaisilla deviaatioilla, kuten esim. 8 kHz deviaatiolla. Perinteistä kelaan ja kondensaattoriin perustuvaan LC-ilmaisinta ei lisäksi voida käyttää sen vuoksi, että kelan induktanssiarvon ja kondensaattorin kapasitanssiarvon tulisi olla hyvin suuret. Lisäksi tunnetaan pulssilaskuriperiaatteella toimivia FM-ilmaisimia, mutta tällaisessakin ilmaisimessa pieni välitaajuus aiheuttaa ilmaistun signaalin oleellisen vääristymisen.

Keksinnön tarkoituksena on esittää tekniikan tasoon verrattuna yksinkertaisempi ja tehokkaampi ratkaisu taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, jonka avulla on saavutettavissa hyvä ilmaistun signaalin laatu.

Keksinnön eräänä ajatuksena on se, että radiotaajuinen, taajuusmoduloitu signaali suoramuuunnetaan matalataajuiseksi signaaliksi, ja demodulointi suoritetaan muodostamalla mainitun matalataajuisen signaalin laskevien ja nousevien reunojen avulla toinen signaali, jonka taajuus on matalataajuiseen signaaliin kaksinkertainen, ja taajuusilmaisemalla mainittu toinen signaali.

Keksinnön mukaiselle menetelmälle taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi on tunnusomaista se, että

- radiotaajuinen signaali sekoitetaan matalataajuiseksi signaaliksi,
- ilmaistaan mainitun matalataajuisen, moduloidun signaalin laskevat ja nousevat reunat,
- muodostetaan mainitun reunailmaisun perusteella toinen signaali, jonka taajuus on mainittuun matalataajuiseen signaaliin verrattuna kaksinkertainen ja
- taajuusilmaistaan mainittu toinen signaali demoduloidun signaalin muodostamiseksi.

Keksinnön mukaiselle järjestelylle taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi on tunnusomaista se, että se käsittää

- välineet radiotaajuisen signaalin sekoittamiseksi matalataajuiseksi signaaliksi, sekä demodulaattorivälineet, joissa on

- välineet mainitun matalataajuisen signaalin laskevien ja nousevien reunojen ilmaisemiseksi,

5 - välineet toisen signaalin muodostamiseksi mainitun reunailmaisun perusteella, jonka toisen signaalin taajuus on mainittuun matalataajuiseen signaaliin verrattuna kaksinkertainen ja

- välineet mainitun toisen signaalin taajuusilmaisemiseksi.

Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

10 Keksinnön avulla saavutetaan suoramuunnostekniikan edut taajuusmoduloidun signaalin vastaanotossa, kuten matala virrankulutus. Lisäksi saavutetaan huomattavia säästöjä mm. suodin-, syntesoija- ja puolijohdekustannuksissa. Myös muita erillis-

15 komponentteja tarvitaan huomattavasti vähemmän. Tarvittavat osat ovat edullisesti valmistettavissa integroidulle piirille. Myös laitteen tilan tarve on täten keksinnön mukaisella tavalla pienempi. Näiden etujen ohella saavutetaan hyvä ilmaistun signaalin laatu. Keksinnön edut ovat parhaiten hyödynnettävissä matkaviestimissä ja muissa pienikokoisissa mukana kuljetettavissa vastaanottimissa, kuten kaukohaku-

laitteissa.

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisesti viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

- kuvio 1 esittää lohkokaaaviota peilitaajuutta vaimentavan sekoittajan tunnetusta yleisestä periaatteesta,
- 5 kuvio 2 esittää vuokaaviota eräästä keksinnön mukaisesta menetelmästä,
- kuvio 3 esittää lohkokaaaviota eräästä keksinnön mukaisesta järjestelystä,
- kuvio 4 esittää lohkokaaavioita eräistä keksinnön mukaisista demodulaattoreista,
- kuvio 5 esittää signaalikaaviota kuvion 4 mukaisesta demodulaattorista, ja
- kuvio 6 esittää vuokaaviota kuvion 4 mukaisten demodulaattoreiden toiminnasta.
- 10 Kuviota 1 selostettiin jo edellä tekniikan tason kuvauksen yhteydessä.

Kuviossa 2 esitetään vuokaavio eräästä keksinnön mukaisesta menetelmästä taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi. Antennin vastaanottamaa signaalia suodatetaan 11 kaistanpäästösuodattimella ja vahvistetaan 12. Vahvistettua signaalia alassekoitetaan 13 kahdessa haarassa  $0^\circ$  ja  $90^\circ$  vaihesiirretyllä paikallisvärähtelijän signaalilla vastaavasti. Molempien haarojen signaaleja alipäästösuodatetaan 14 ja vahvistetaan 15.

Taajuusmoduloitu signaali käsitellään keksinnön mukaisella tavalla siten, että ensin signaalit vaiheistetaan 19 molemmissa haaroissa vastaavasti vaihesiirtämällä signaaleja  $0^\circ$  ja  $90^\circ$ . Vaihesiirretyt signaalit summataan 20 yhdeksi signaaliksi, joka alipäästösuodatetaan 21, vahvistetaan 22 ja demoduloidaan 23. Näin saadaan ilmaistupientaajuussignaali.

Kuviossa 3 esitetään lohkokaaavio erään keksinnön mukaisen vastaanotinjärjestelyn keksinnön kannalta oleellisista osista. Antennilla 31 vastaanotettava signaali johdetaan kaistanpäästösuodattimen 32 ja vahvistimen 33 kautta sekoittimille 35, 37 kahteen haaraan. Paikallisvärähtelijän signaali LO johdetaan samenvaiheisena 36 sekoittimelle 37 ja  $90^\circ$  vaihesiirrettynä 34 sekoittimelle 35. Molempien haarojen signaalit johdetaan edelleen alipäästösuodattimiin 38, 39 ja vahvistimiin 40, 41.

Vahvistimesta 40 saatava taajuusmoduloidun signaali vastaanotto johdetaan  $90^\circ$  vaiheensiirtoelimelle 48 ja summaimen 50 ensimmäiseen tuloon. Vahvistimesta 41 saatava taajuusmoduloitu signaali vastaanotto johdetaan samanvaiheisena ( $0^\circ$ ) 49 summaimen 50 toiseen tuloon. Summasignaali johdetaan edelleen alipäästösuodattimen 51 ja rajoitinvahvistimen 52 kautta taajuusmoduloidun signaalin demodulaattorille 53. Demoduloitu signaali alipäästösuodatetaan suodattimella 54 ja saadaan analoginen pientaajuussignaali AF.

Kuviossa 4A esitetään lohkokaavio, joka sisältää mm. erään keksinnön mukaisen pulssi-ilmaisimiin perustuvan demodulaattorin 53A. Katkoviivoitettu lohko 53A vastaa kuvion 3 FM-demodulaattorilohkoa 53. Selvyiden vuoksi lohkokaaviossa esitetään myös vahvistin 52 ja alipäästösuodin 54. Vahvistimelta 52 kytketään taajuusmoduloitu signaali demodulaattorin 53A pisteeseen A, josta signaali haarautuu ylempään ja alempaan haaraan. Ylemmässä haarassa signaali ilmaistaan pulssi-ilmaisimella 58 pisteeseen B. Alemmassa haarassa signaali käännetään ylösalaisin (invertoidaan) kääntimellä 59 pisteeseen C ja ilmaistaan käännettynä pulssi-ilmaisimella 60, jolloin saadaan pisteen A signaalin pulssien laskevien reunojen ilmaisu pisteeseen D. Pulssi-ilmaisimet 58, 60A muodostavat nousevasta signaalireunasta vakiokorkuisen ja levyisen edullisimmin ilmaistavaa signaalin pulssia ajaltaan lyhyemmän pulssin. Pisteisiin B ja D ilmaistut pisteen A signaalin nousevat ja laskevat reunat summataan summaimella 61 pisteeseen E. Demodulointi viimeistellään alipäästösuotimella 54 ulostuloon AF.

Kuviossa 4B esitetään toinen lohkokaavio, joka sisältää mm. erään toisen keksinnön mukaisen ja edullisemman pulssi-ilmaisimiin perustuvan demodulaattorin 53B. Katkoviivoitettu lohko 53B vastaa kuvion 3 FM-demodulaattorilohkoa 53. Selvyiden vuoksi tässäkin lohkokaaviossa esitetään myös vahvistin 52 ja alipäästösuodin 54. Vahvistimelta 52 kytketään taajuusmoduloitu signaali demodulaattorin 53B pisteeseen A, josta signaali haarautuu ylempään ja alempaan haaraan. Ylemmässä haarassa signaali ilmaistaan pulssi-ilmaisimella 58 pisteeseen B. Alemmassa haarassa signaali ilmaistaan sellaisenaan laskevalta reunaltaan pulssi-ilmaisimella 60B pisteeseen D. Ylemmän haaran pulssi-ilmaisimella 58 muodostaa nousevasta ja alemman haaran pulssi-ilmaisimella 60B laskevasta signaalireunasta vakiokorkuisen ja levyisen edullisimmin ilmaistavaa signaalin pulssia ajaltaan lyhyemmän pulssin. Pisteisiin B ja D ilmaistut pisteen A signaalin nousevat ja laskevat reunat summataan summaimella 61 pisteeseen E. Demodulointi viimeistellään alipäästösuotimella 54 ulostuloon AF.

Kuviossa 5 esitetään signaalikaavioita kuvion 4 mukaisen pulssi-ilmaisimiin perustuvan demodulaattorin tarkastelupisteistä A, B, C, D, E. Signaalikaaviossa A esitetään demodulaattoriin syötettävä signaali pisteessä A. Signaalikaaviossa B esitetään ylemmän haaran pulssi-ilmaisun tulos pisteessä B. Signaalikaaviossa C esitetään alemman haaran käännetty signaali pisteessä C ja signaalikaaviossa D esitetään alemman haaran käännetyin signaalin pulssi-ilmaisuus pisteessä D. Signaalikaaviossa E esitetään ylemmän ja alemman haaran käsittelemien signaalien summa pisteessä E. Ylempi haara ilmaisee demodulaattoriin syötetyn signaalin nousevan reunan ja alempi haara kokonaisuutena ilmaisee laskevan reunan. Summa muodostaa alipäästösuodatettuna ilmaistun signaalin syötetystä taajuusmoduloidusta signaalista.

Kuviossa 6A esitetään kuvion 4A mukaisen demodulaattorin toimintaa vuokaaviona. Moduloitu signaali demoduloidaan seuraavasti: jaetaan 61 moduloitu signaali kahteen haaraan, ensimmäiseen nousevan ja toiseen laskevan signaalireunan ilmaisu varten, ilmaistaan 62 moduloidun signaalin nouseva reuna ensimmäisessä haarassa, käännetään 63 moduloitu signaali ja ilmaistaan 64 käännetyin moduloidun signaalin nouseva reuna toisessa haarassa ja yhdistetään 65 ensimmäisessä ja toisessa haarassa käsitellyt signaalit.

Kuviossa 6B esitetään kuvion 4B mukaisen demodulaattorin toimintaa vuokaaviona. Moduloitu signaali demoduloidaan seuraavasti: jaetaan 66 moduloitu signaali kahteen haaraan, ensimmäiseen nousevan ja toiseen laskevan signaalireunan ilmaisu varten, ilmaistaan 67 moduloidun signaalin nouseva reuna ensimmäisessä haarassa, ilmaistaan 68 moduloidun signaalin laskeva reuna toisessa haarassa ja yhdistetään 69 ensimmäisessä ja toisessa haarassa käsitellyt signaalit.

Tarkastellaan seuraavassa esimerkkinä FM-signaalin vastaanottoa keksinnön mukaisella, kuvioiden 3 ja 6 mukaisella suoramuuunnosvastaanottimella. FM-radiosignaali muunnetaan antennilla 31 sähköiseksi. Sähköinen signaali suodatetaan kaistanpäästösuodattimella 32 ja vahvistetaan vahvistimella 33. Vahvistettu signaali edelleen käsitellään kahdessa haarassa sekoittimilla 35, 37. Sekoittimille 35, 37 johdetaan paikallisvärähtelijän signaali LO vaiheensiirtoelimillä 34, 36 muuttaen signaalin vaihetta  $90^\circ$  ja  $0^\circ$ . Molempien haarojen signaalit johdetaan edelleen alipäästösuodattimille 38, 39 ja edelleen vahvistimille 40, 41.

Tämän esimerkin mukaisesti käsitellään taajuusmoduloitu signaali edelleen molemmissa haaroissa  $90^\circ$  ja  $0^\circ$  vaiheensiirtoelimillä 48, 49 ja summaimella 50. Yhdistetty signaali johdetaan edelleen alipäästösuodattimella 51 ja vahvistimella 52 taajuus-



moduloidun signaalin demodulaattorille 53. Esimerkin mukaisesti demodulointi suoritetaan pulssi-ilmaisimin 58, 60 kahdessa haarassa, joissa toinen haara kääntää signaalin ennen ilmaisua, jotka yhdistetään ilmaisun jälkeen. Demoduloitu FM-signaali alipäästösuodatetaan suodattimella 54 ja saadaan analoginen signaali AF.

- 5 Taajuusmoduloidulla signaalilla tarkoitetaan moduloitua signaalia, jonka modulaatio suoritetaan vaikuttamalla kanta-aallon taajuuteen suorasti tai epäsuorasti. Taajuusmodulointiin käytetään esimerkiksi seuraavia modulointimenetelmiä: FM (Frequency Modulation), NBFM (Narrow Band Frequency Modulation), PM (Phase Modulation), NBPM (Narrow Band Phase Modulation), FSK (Frequency Shift Keying) ja FFSK (Fast Frequency Shift Keying). Vaihemoduloitaessa (PM) taajuutta muutetaan hetkellisesti signaalin vaiheen muuttamista varten.
- 10

Esitettyjen lohkojen toteutusta ei selitetä tässä tarkemmin, sillä alan ammattimies pystyy toteuttamaan keksinnön mukaisen ratkaisun edellä esitetyn perusteella.

- Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellusesimerkkejä koskevaksi, vaan
- 15 monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen piirissä. Erityisesti on huomattava, että keksintö on useissa käyttöympäristöissä, kuten esimerkiksi NMT (Nordic Mobile Telephone)- ja AMPS (Advanced Mobile Phone System) -järjestelmät.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, **tunnettu** siitä, että
  - radiotaajuinen signaali sekoitetaan matalataajuiseksi signaaliksi (13),
- 5 - ilmaistaan mainitun matalataajuisen, moduloidun signaalin laskevat ja nousevat reunat (62, 64, 67, 68),
  - muodostetaan mainitun reunailmaisun perusteella toinen signaali, jonka taajuus on mainittuun matalataajuiseen signaaliin verrattuna kaksinkertainen (65, 69) ja
- 10 - taajuusilmaistaan mainittu toinen signaali demoduloidun signaalin muodostamiseksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin käsittelyyn sisältyy seuraavia menetelmävaiheita:
  - suodatetaan (11) antennisignaali kaistanpäästösuotimella,
  - vahvistetaan (12) signaali,
- 15 - alassekoitetaan (13) signaalia ainakin kahdessa haarassa vaiheeltaan siirretyillä paikallisvärähtelijän signaaleilla LO,
  - alipäästösuodatetaan (14) ja
  - vahvistetaan (15) signaalia.
- 20 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin käsittelyyn sisältyy lisäksi seuraavia menetelmävaiheita:
  - vaiheistetaan (19) signaalit ainakin kahdessa haarassa,
  - summataan (20) signaalit yhteen haaraan,
  - alipäästösuodatetaan (21),

- vahvistetaan (22) ja
- demoduloidaan (23) signaali.

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin demodulointi (23) sisältää seuraavia menetelmävaiheita:

- jaetaan (61) moduloitu signaali kahteen haaraan ensimmäiseen nousevan ja toiseen laskevan signaalireunan ilmaisua varten;
- ilmaistaan (62) moduloidun signaalin nouseva reuna ensimmäisessä haarassa,
- käännetään (63) moduloitu signaali ja ilmaistaan (64) käännetyn moduloidun signaalin nouseva reuna toisessa haarassa ja
- yhdistetään (65) ensimmäisessä ja toisessa haarassa käsitellyt signaalit.

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin demodulointi (23) sisältää seuraavia menetelmävaiheita:

- jaetaan (66) moduloitu signaali kahteen haaraan ensimmäiseen nousevan ja toiseen laskevan signaalireunan ilmaisua varten,
- ilmaistaan (67) moduloidun signaalin nouseva reuna ensimmäisessä haarassa,
- ilmaistaan (68) moduloidun signaalin laskeva reuna toisessa haarassa ja
- yhdistetään (69) ensimmäisessä ja toisessa haarassa käsitellyt signaalit.

6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitun reunailmaisun perusteella muodostetaan ennalta määrätyn pituuden omaavat pulssit, jotka summataan mainitun toisen signaalin muodostamiseksi.

7. Järjestely taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, **tunnettu** siitä, että se käsittää

- välineet radiotaajuisen signaalin sekoittamiseksi matalataajuiseksi signaaliksi (34-37), sekä demodulaattorivälineet, joissa on

- välineet mainitun matalataajuisen signaalin laskevien ja nousevien reunojen ilmaisemiseksi (53, 58, 60A, 60B),

- 5 - välineet toisen signaalin muodostamiseksi mainitun reunailmaisun perusteella, jonka toisen signaalin taajuus on mainittuun matalataajuiseen signaaliin verrattuna kaksinkertainen (53, 61) ja

- välineet mainitun toisen signaalin taajuusilmaisemiseksi (54).

- 10 8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää sekoittimet (35, 37) sekä  $0^\circ$  ja  $90^\circ$  vaiheensiirtoelimet (34, 36) ainakin kahden haaran signaalin sekoittamiseksi paikallisvärähtelijän signaalilla LO.

9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että se käsittää  $0^\circ$  ja  $90^\circ$  vaiheensiirtoelimet (48, 49), summaimen (50) ja taajuusmoduloidun signaalin demodulaattorin (53).

- 15 10. Jonkin patenttivaatimuksen 7 - 9 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin demodulaattori (53) käsittää kaksi haaraa, joissa ylempi haara käsittää pulssi-ilmaisimen (58) demoduloitavan taajuusmoduloidun signaalin nousevan reunan ilmaisemiseksi ja alempi haara käsittää sarjaan kytketyn kääntimen (59) ja pulssi-ilmaisimen (60A) demoduloitavan taajuusmoduloidun signaalin laskevan reunan ilmaisemiseksi, ja haarat yhdistävän summaimen (61).

- 20 11. Jonkin patenttivaatimuksen 7 - 9 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että taajuusmoduloidun signaalin demodulaattori (53) käsittää kaksi haaraa, joissa ylempi haara käsittää pulssi-ilmaisimen (58) demoduloitavan taajuusmoduloidun signaalin nousevan reunan ilmaisemiseksi ja alempi haara käsittää signaalin laskevaan reunaan aktiivisen pulssi-ilmaisimen (60B) demoduloitavan taajuusmoduloidun signaalin laskevan reunan ilmaisemiseksi, ja haarat yhdistävän summaimen (61).

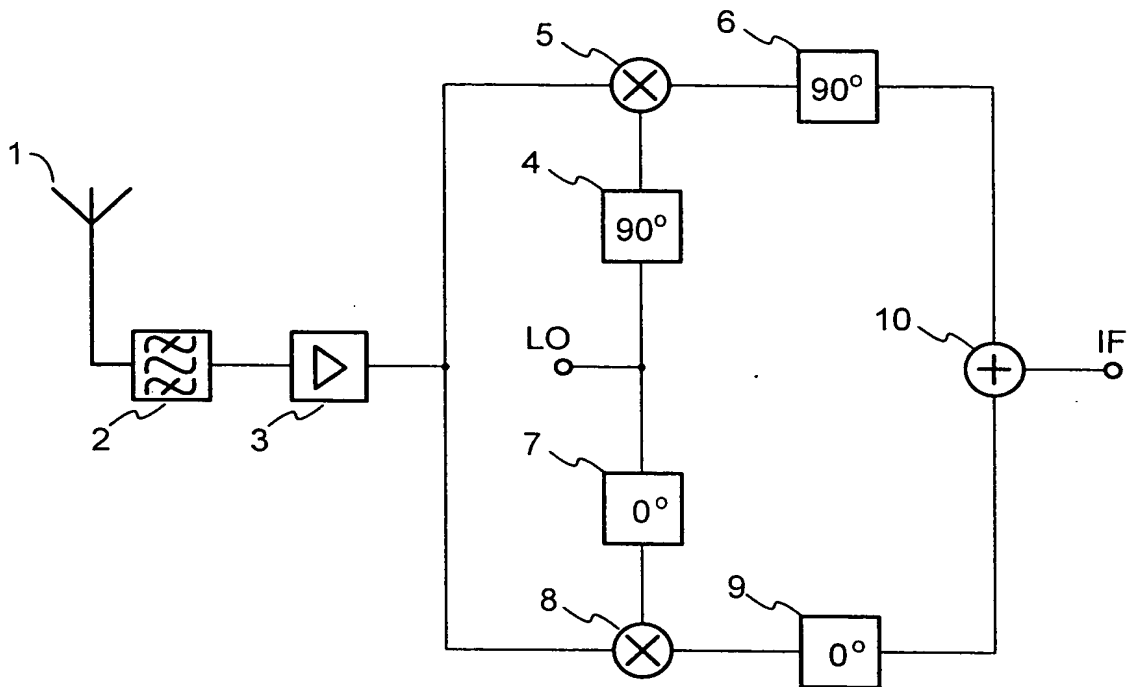
- 25 12. Jonkin patenttivaatimuksen 7 - 11 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että välineet matalataajuisen signaalin reunojen ilmaisemiseksi käsittävät pulssigeneraattorin (58, 60A, 60B) määrätyn pituisen pulssin muodostamiseksi matalataajuisen signaalin reunan liipaisemana.
- 30

13. Matkaviestin, **tunnettu** siitä, että se käsittää jonkin patenttivaatimuksen 7-12 mukaisen järjsetelyn taajuusmoduloisun signaalin vastaanottamiseksi.

### (57) Tiivistelmä

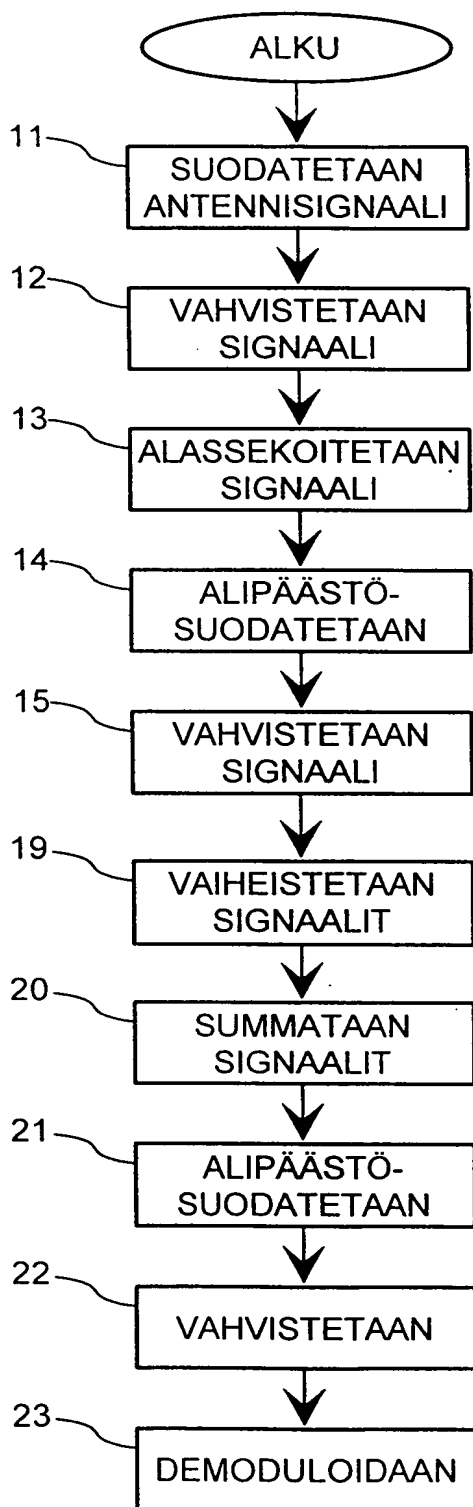
Keksinnön kohteena on menetelmä ja järjestely taajuusmoduloidun signaalin vastaanottamiseksi, ja erityisesti signaalin demoduloimiseksi. Keksintö on sovellettavissa edullisesti matkaviestimen vastaanottimessa. Keksinnön eräänä ajatuksena on se, että radiotaajuinen, taajuusmoduloitu signaali suoramuunnetaan matalataajuiseksi signaaliksi (34-37), ja demodulointi (53, 54) suoritetaan muodostamalla mainitun matalataajuisen signaalin laskevien ja nousevien reunojen avulla toinen signaali, jonka taajuus on matalataajuisen signaaliin kaksinkertainen, ja taajuusilmaisemalla mainittu toinen signaali. Keksinnön avulla saavutetaan suoramuunnostekniikan edut taajuusmoduloidun signaalin vastaanotossa, kuten matala virrankulutus. Tarvittavat osat ovat edullisesti valmistettavissa integroidulle piirille. Näiden etujen ohella saavutetaan hyvä ilmaistun signaalin laatu.

Kuvio 3



KUVIO 1  
PRIOR ART

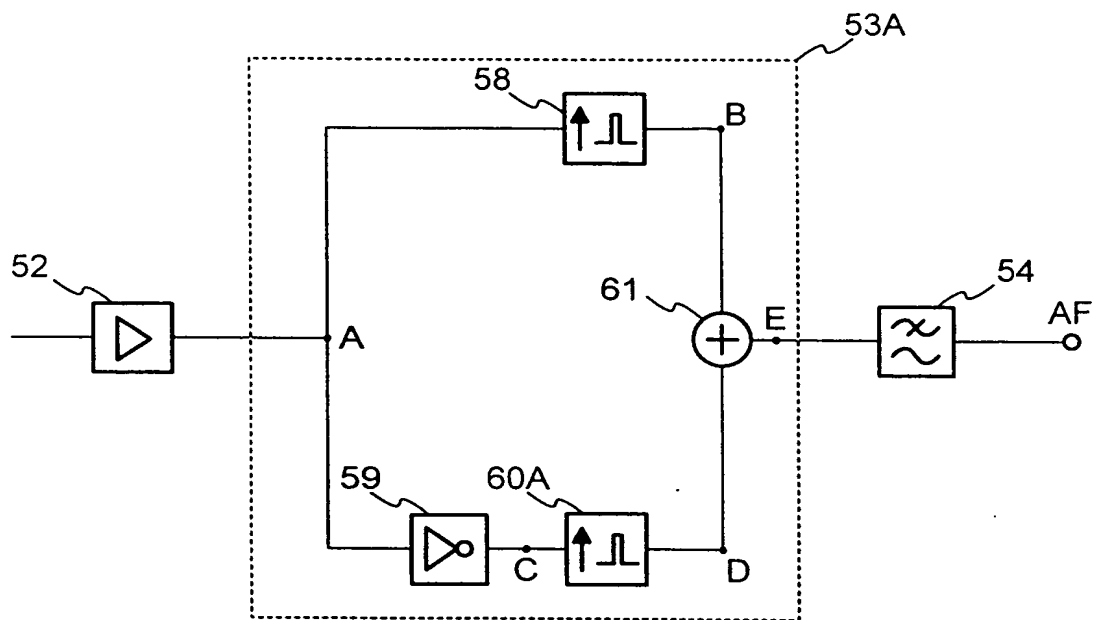
2025 RELEASE UNDER E.O. 14176



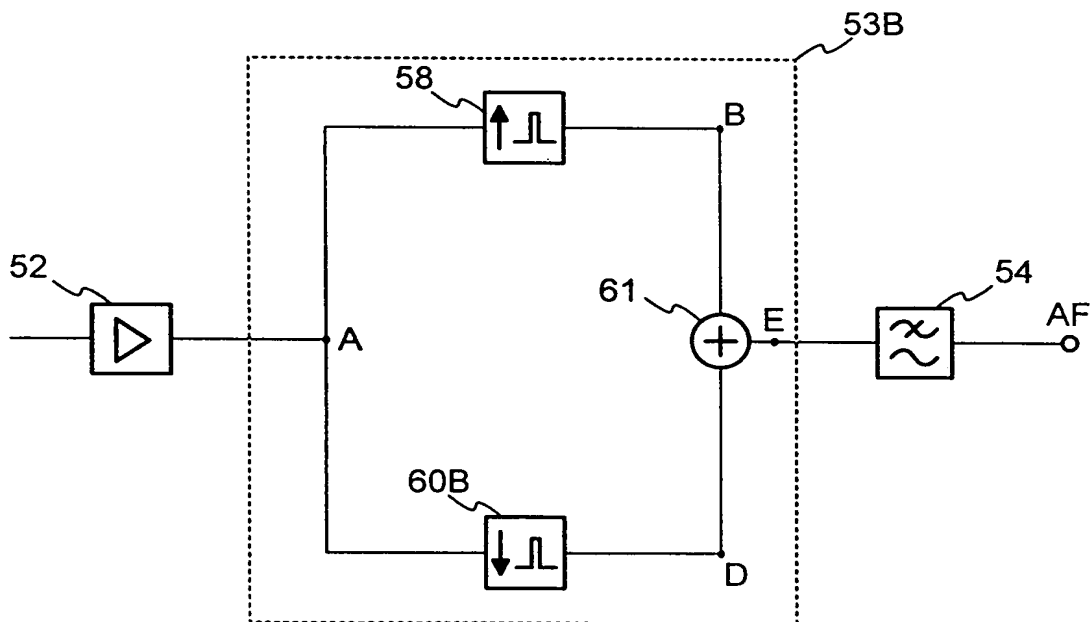
KUVIO 2



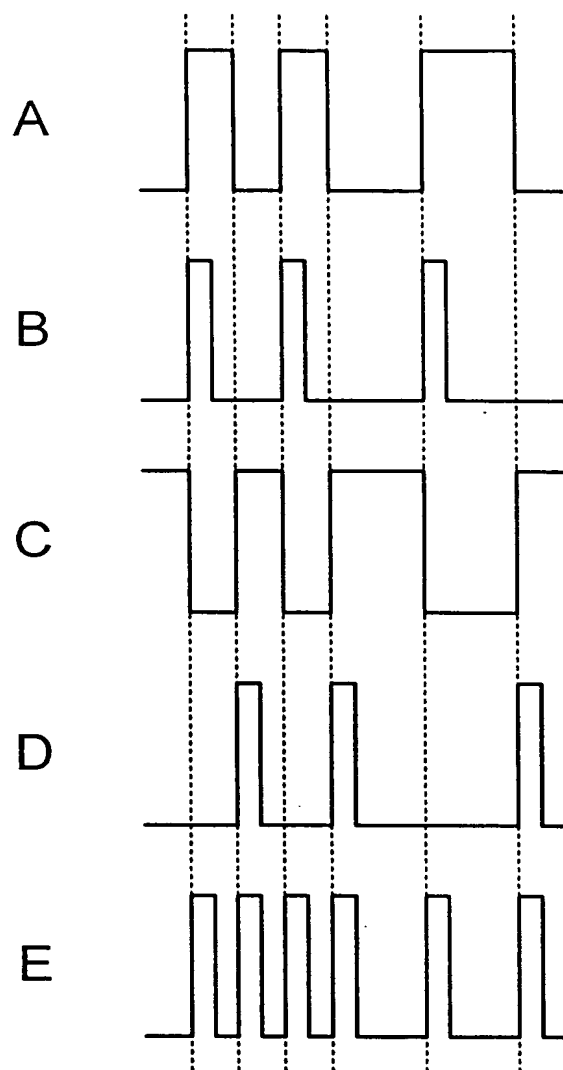




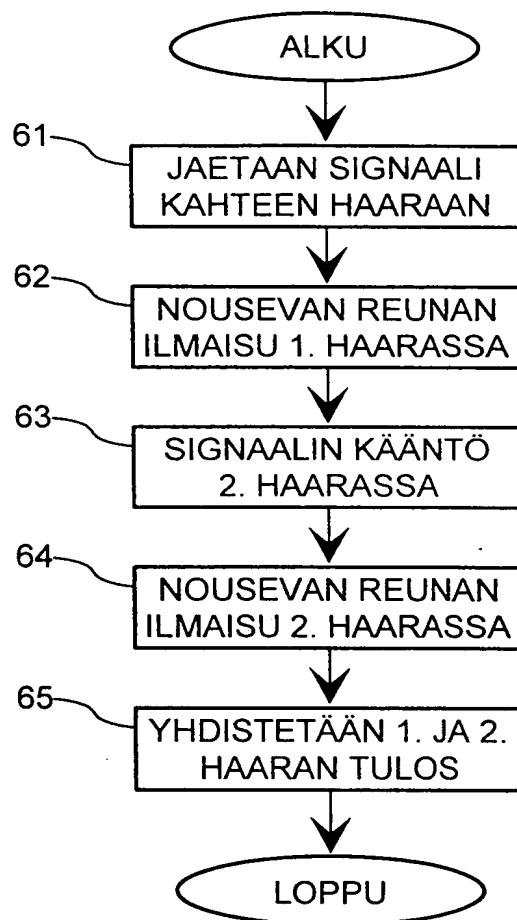
KUVIO 4A



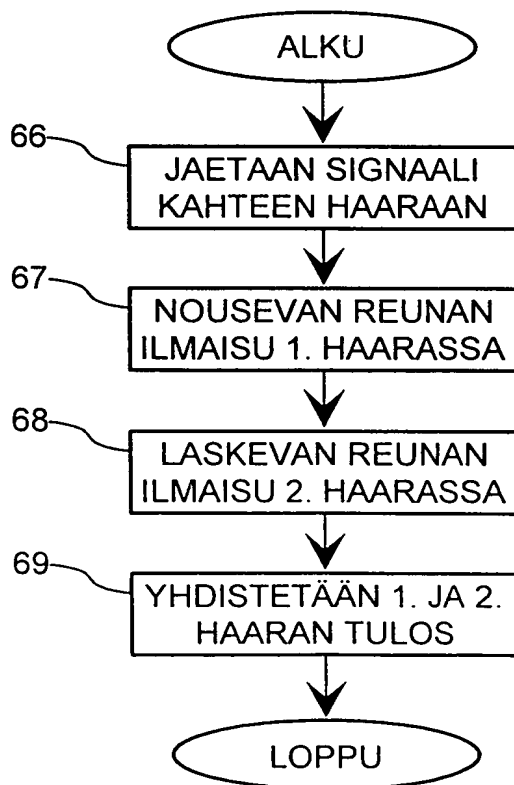
KUVIO 4B



KUVIO 5



KUVIO 6A



KUVIO 6B

## Method and arrangement for receiving a frequency modulated signal

The invention relates to a method and arrangement for receiving a frequency modulated signal, and especially for demodulating the signal. The invention is applicable especially in the receiver of a mobile station.

5 Superheterodyne receivers are already known from the prior art. When the superheterodyne technique is used, the radio frequency signal to be received is mixed to a lower frequency by using one or more intermediate frequencies, which are essentially higher than the baseband. However, the heterodyne technique requires more complicated receivers, in which the manufacturing costs are higher  
10 than in the direct conversion technique, which is becoming more common today. In addition, power consumption is much higher in a heterodyne receiver than in a receiver implemented with the direct conversion technique. The direct conversion technique or zero intermediate frequency technique means using one frequency mixing for converting the modulated signal to be received into I/Q signals at a  
15 sufficiently low frequency, so that low pass filters can be used in channel filtering and that a separate new frequency mixing is not needed.

It would be possible to implement a direct conversion receiver by using a low intermediate frequency, the rate of which would be half of the channel spacing of the data transfer system. In that case, the mixer could be of the type that attenuates  
20 the image frequency, whereby the image frequency attenuation needed on the neighbouring channel (e.g. 26 dB) could be reached. To the best knowledge of the applicant, such a solution has not been disclosed in public.

Fig. 1 shows a block diagram of a known image frequency attenuating mixer for the reception of a frequency modulated signal. The signal to be received with an antenna 1 is filtered with a band-pass filter 2 and amplified with an amplifier 3. The  
25 signal of a local oscillator LO is phase-shifted 90° in block 4 and mixed with the upper branch of the amplified signal in a mixer 5. The mixing result is then phase-shifted 90° in block 6. The signal of the local oscillator LO is applied in the same phase (0° block 7) to a mixer 8, in which it is mixed with the lower branch of the amplified signal. The mixing result of the lower branch is then applied in the same  
30 phase (0° in block 9) to an adder 10, in which the signals formed as the mixing result are added together 10 into an intermediate frequency signal IF.

If the intermediate frequency is half of the channel spacing, it could be, for instance, 15 kHz. However, this is too low a frequency to enable an ordinary FM detector to operate as a demodulator with ordinary deviations, such as 8 kHz. In addition, the conventional LC detector based on a coil and a capacitor cannot be used, because  
 5 the inductance value of the coil and the capacitance value of the capacitor should be very high. In addition, FM detectors that operate with the pulse counter principle are known, but even in such a detector, a low intermediate frequency causes a substantial distortion of the detected signal.

It is an objective of the invention to provide a simpler and more efficient solution  
 10 compared to the prior art for receiving a frequency modulated signal, by means of which a good quality of the detected signal can be achieved.

One idea of the invention is to convert a radio frequency, frequency modulated signal directly into a low-frequency signal, and to perform demodulation by forming by means of the falling and rising edges of the low-frequency signal a second signal,  
 15 which has a frequency rate twice the frequency of the low-frequency signal, and by frequency detecting the second signal.

The method according to the invention for receiving a frequency modulated signal is characterized in that

- the radio frequency signal is mixed into a low-frequency signal,
- 20 - the falling and rising edges of the low-frequency, modulated signal are detected,
- a second signal is formed on the basis of the edge detection, the frequency of the second signal being twice the frequency of the low-frequency signal, and
- the second signal is frequency modulated to form a demodulated signal.

The arrangement according to the invention for receiving a frequency modulated  
 25 signal is characterized in that it comprises

- means for mixing a radio frequency signal into a low-frequency signal, and demodulator means, which comprise
- means for detecting the falling and rising edges of the low-frequency signal,

- means for forming a second signal on the basis of the edge detection, the frequency of the second signal being twice the frequency of the low-frequency signal, and

- means for the frequency detection of the second signal.

5 Preferred embodiments of the invention are set forth in the dependent claims.

By means of the invention, the advantages of the direct conversion technique, such as low power consumption, are achieved in the reception of the frequency modulated signal. In addition, the costs of filters, synthesizers and semiconductors, for example, can be substantially reduced. The number of other discrete components  
10 can also be reduced. The required components can be advantageously manufactured on an integrated circuit. When implemented in accordance with the invention, the device also requires less space. Besides these advantages, a good quality of the detected signal is achieved. The advantages of the invention can be best utilized in mobile stations and other small, portable receivers, such as pagers.

15

In the following, the invention will be described in more detail with reference to the accompanying drawings, in which

Figure 1 shows a block diagram about the well-known general principle of an image frequency attenuating mixer,

20 Figure 2 shows a flow chart of a method according to the invention,

Figure 3 shows a block diagram of an arrangement according to the invention,

Figure 4 shows block diagrams of some demodulators according to the invention,

Figure 5 shows a signal flow diagram of a demodulator according to Fig. 4, and

Figure 6 shows a flow chart of the operation of demodulators according to Fig. 4.

25 Fig. 1 was discussed above in connection with the description of the prior art.

Fig. 2 shows a flow chart of a method according to the invention for receiving a frequency modulated signal. The signal received by an antenna is filtered 11 with a

band pass filter and amplified 12. The amplified signal is down-converted 13 in two branches with  $0^\circ$  and  $90^\circ$  phase-shifted local oscillator signals respectively. The signals of both branches are low pass filtered 14 and amplified 15.

5 The frequency modulated signal is processed in accordance with the invention so that the signals are phased 19 in both branches by phase-shifting the signals  $0^\circ$  and  $90^\circ$  respectively. The phase-shifted signals are added 20 into one signal, which is low pass filtered 21, amplified 22 and demodulated 23. The result is a detected low-frequency signal.

10 Fig. 3 shows a block diagram of the parts of a receiver arrangement according to the invention, which are essential for the invention. The signal received by an antenna 31 is applied through a band pass filter 32 and an amplifier 33 to mixers 35, 37 in two branches. The signal of a local oscillator LO is applied in the same phase 36 to a mixer 37 and  $90^\circ$  phase-shifted 34 to a mixer 35. The signals of both branches are further applied to low pass filters 38, 39 and amplifiers 40, 41.

15 The output of the frequency modulated signal from the amplifier 40 is applied to a  $90^\circ$  phase-shifter 48 and to the first input of the adder 50. The frequency modulated signal derived from the amplifier 41 is applied in the same phase ( $0^\circ$ ) 49 to the second input of the adder 50. The sum signal is further applied through a low pass filter 51 and a limiter amplifier 52 to the demodulator 53 of a frequency modulated  
20 signal. The demodulated signal is low pass filtered with a filter 54, and an analogue low-frequency signal AF is obtained.

Fig. 4A shows a block diagram, which includes, among other things, a demodulator 53A based on pulse detectors according to the invention. Block 53A, which is indicated by a dashed line, corresponds to the FM demodulator block 53 in Fig. 3.  
25 For the sake of graphical clarity, the block diagram also shows an amplifier 52 and a low pass filter 54. From the amplifier 52, the frequency modulated signal is coupled to point A of the demodulator 53A, from which the signal is branched into an upper and lower branch. In the upper branch, the signal is detected with a pulse detector 58 to point B. In the lower branch, the signal is inverted with an inverter 59 to point  
30 C and detected as inverted with a pulse detector 60, whereby a detection of the falling edges of the pulses of the signal of point A is obtained to point D. The pulse detectors 58, 60A form the rising signal edge into a pulse with a standard height and width but preferably shorter in time than the pulse of the signal to be detected. The rising and falling edges of the signal of point A detected to points B and D are



added with an adder 61 to point E. The demodulation is finished with a low pass filter 54 to the output AF.

Fig. 4B shows another block diagram, which includes, among other things, another and more advantageous demodulator 53B based on pulse detectors according to the invention. Block 53B, which is indicated by a dashed line, corresponds to the FM demodulator block 53 in Fig. 3. For the sake of graphical clarity, this block diagram also shows an amplifier 52 and a low pass filter 54. From the amplifier 52, the frequency modulated signal is coupled to point A of the demodulator 53B, from which the signal is branched into an upper and lower branch. In the upper branch, the signal is detected with a pulse detector 58 to point B. In the lower branch, the signal is detected as such from its falling edge with a pulse detector 60B to point D. The pulse detector 58 of the upper branch forms the rising signal edge and the pulse detector 60B of the lower branch the falling signal edge into a pulse with a standard height and width but preferably shorter in time than the pulse of the signal to be detected. The rising and falling edges of the signal of point A detected to points B and D are added with an adder 61 to point E. The demodulation is finished with a low pass filter 54 to the output AF.

Fig. 5 shows signal flow diagrams from the points A, B, C, D, E of a demodulator based on pulse detectors according to Fig. 4. Diagram A shows the signal fed to the demodulator at point A. Diagram B shows the result of the pulse detection of the upper branch at point B. Diagram C shows the inverted signal of the lower branch at point C, and diagram D shows the pulse detection of the inverted signal of the lower branch at point D. Diagram E shows the sum of the signals processed by the upper and lower branch at point E. The upper branch detects the rising edge of the signal fed to the demodulator and the lower branch as a whole detects the falling edge. The sum forms a signal detected as low pass filtered from the inputted frequency modulated signal.

Fig. 6A shows the operation of a demodulator according to Fig. 4A as a flow chart. The modulated signal is demodulated as follows: the modulated signal is divided 61 into two branches, to the first one for the detection of the rising signal edge and to the second one for the detection of the falling signal edge, the rising edge of the modulated signal is detected 62 in the first branch, the modulated signal is inverted 63 and the rising edge of the inverted modulated signal is detected in the second branch, and the signals processed in the first and the second branch are combined 65.

Fig. 6B shows the operation of a demodulator according to Fig. 4B as a flow chart. The modulated signal is demodulated as follows: the modulated signal is divided 66 into two branches, to the first one for the detection of the rising signal edge and to the second one for the detection of the falling signal edge, the rising edge of the modulated signal is detected 67 in the first branch, the falling edge of the modulated signal is detected 68 in the second branch, and the signals processed in the first and the second branch are combined 69.

The reception of an FM signal with a direct conversion receiver according to the invention according to Figs. 3 and 6 is discussed in the following as an example. A FM radio signal is converted with the antenna 31 into an electric signal. The electric signal is filtered with a band pass filter 32 and amplified with an amplifier 33. the amplified signal is further processed in two branches with mixers 35, 37. The signal of a local oscillator LO is applied to the mixers 35, 37 with phase shifters 34, 36, which change the phase of the signal  $90^\circ$  and  $0^\circ$  respectively. The signals of both branches are then applied to low pass filters 38, 39 and further to amplifiers 40, 41.

According to this example, the frequency modulated signal is further processed in both branches with phase shifters 48, 49 ( $90^\circ$  and  $0^\circ$ ) and an adder 50. The sum signal is then applied through a low pass filter 51 and an amplifier 52 to the demodulator 53 of the frequency modulated signal. According to the example, the demodulation is performed with the pulse detectors 58, 60 in two branches, one of which inverts the signal before detection, and the branches are combined after the detection. The demodulated FM signal is low pass filtered with a filter 54, and an analogue signal AF is thus obtained.

A frequency modulated signal means a modulated signal, which is modulated by influencing the frequency of the carrier wave directly or indirectly. The following modulation methods, for example, are used for frequency modulation. FM (Frequency Modulation), NBFM (Narrow Band Frequency Modulation), PM (Phase Modulation), NBPM (Narrow Band Phase Modulation), FSK (Frequency Shift Keying) and FFSK (Fast Frequency Shift Keying). In phase modulation (PM), the frequency is changed for a moment for changing the phase of the signal.

The implementation of the blocks shown is not explained here in greater detail, because a person skilled in the art will be able to construct a solution according to the invention on the basis of the above description.

The invention is not limited merely to the above examples of application, but many modifications thereof are possible within the scope of the inventive idea defined by the attached claims. It should be especially noted that the invention is applicable in many environments, such as the NMT (Nordic Mobile Telephone) and AMPS  
5 (Advanced Mobile Phone System).

## Claims

1. A method for receiving a frequency modulated signal, **characterized** in that
  - the radio frequency signal is mixed into a low-frequency signal (13),
  - the falling and rising edges (62, 64, 67, 68) of said low-frequency, modulated  
5 signal are detected,
  - a second signal is formed on the basis of said edge detection, the frequency of the second signal being twice (65, 69) the frequency of said low-frequency signal, and
  - said second signal is frequency detected to form a demodulated signal.
2. A method according to Claim 1, **characterized** in that the processing of the  
10 frequency modulated signal includes the following steps:
  - the antenna signal is filtered (11) with a band pass filter,
  - the signal is amplified (12),
  - the signal is down-converted (13) in at least two branches with phase-shifted local oscillator signals LO,
  - 15 - the signal is low pass filtered (14) and
  - amplified (15).
3. A method according to Claim 1 or 2, **characterized** in that the processing of the frequency modulated signal also includes the following steps:
  - the signals are phased (19) in at least two branches,
  - 20 - the signals are summed (20) into one branch,
  - the signal is low pass filtered (21),
  - amplified (22) and

- demodulated (23).

4. A method according to any one of the Claims 1 to 3, **characterized** in that the demodulation (23) of the frequency modulated signal includes the following steps:

5 - the modulated signal is divided (61) into two branches, the first one for the detection of the rising signal edge and the second one for the detection of the falling signal edge;

- the rising edge of the modulated signal is detected (62) in the first branch,

- the modulated signal is inverted (63) and the rising edge of the inverted, modulated signal is detected (64) in the second branch, and

10 - the signals processed in the first and the second branch are combined (65).

5. A method according to any one of the Claims 1 to 3, **characterized** in that the demodulation (23) of the frequency modulated signal includes the following steps:

15 - the modulated signal is divided (66) into two branches, the first one for the detection of the rising signal edge and the second one for the detection of the falling signal edge,

- the rising edge of the modulated signal is detected (67) in the first branch,

- the falling edge of the modulated signal is detected (68) in the second branch, and

- the signals processed in the first and the second branch are combined (69).

20 6. A method according to any one of the preceding claims, **characterized** in that pulses of a predetermined length are formed on the basis of said edge detection, and the pulses are summed to form said second signal.

7. An arrangement for receiving a frequency modulated signal, **characterized** in that it comprises

25 - means for mixing a radio frequency signal into a low-frequency signal (34 - 37), and demodulator means, which comprise

- means for detecting the falling and rising edges of said low-frequency signal (53, 58, 60A, 60B),

- means for forming a second signal on the basis of said edge detection, the frequency of the second signal being twice the frequency of said low-frequency signal (53, 61), and

- means for the frequency detection of said second signal (54).

8. An arrangement according to Claim 7, **characterized** in that it comprises mixers (35, 37) and 0° and 90° phase shifters (34, 36) for mixing the signal of at least two branches with the signal of the local oscillator LO.

10 9. An arrangement according to Claim 7 or 8, **characterized** in that it comprises 0° and 90° phase shifters (48, 49), an adder (50) and a demodulator (53) of the frequency modulated signal.

15 10. An arrangement according to any one of the preceding claims 7 to 9, **characterized** in that the demodulator (53) of the frequency modulated signal comprises two branches, of which the upper branch comprises a pulse detector (58) for detecting the rising edge of the frequency modulated signal to be demodulated, and the lower branch comprises an inverter (59) and a pulse detector (60A) connected in series for detecting the falling edge of the frequency modulated signal to be demodulated, and an adder (61) that combines the branches.

20 11. An arrangement according to any one of the preceding claims 7 to 9, **characterized** in that the demodulator (53) of the frequency modulated signal comprises two branches, of which the upper branch comprises a pulse detector (58) for detecting the rising edge of the frequency modulated signal to be demodulated, and the lower branch comprises a pulse detector (60B) active on the falling edge of the signal for detecting the falling edge of the frequency modulated signal to be demodulated, and an adder (61) that combines the branches.

30 12. An arrangement according to any one of the preceding claims 7 to 11, **characterized** in that the means for detecting the edges of a low-frequency signal comprise a pulse generator (58, 60A, 60B) for forming a pulse of a specified length as triggered by the edge of a low-frequency signal.

13. A mobile station, **characterized** in that it comprises an arrangement according to any one of the preceding claims 7 to 12 for receiving a frequency modulated signal.

### **(57) Abstract**

The invention relates to a method and arrangement for receiving a frequency modulated signal, and especially for demodulating the signal. The invention is applicable especially in the receiver of a mobile station. One idea of the invention is to convert a radio frequency, frequency modulated signal directly into a low-frequency signal (34-37), and to perform the demodulation (53, 54) by forming by means of the falling and rising edges of said low-frequency signal a second signal, the frequency of which is twice the frequency of the low-frequency signal, and by frequency detecting said second signal. By means of the invention, the advantages of the direct conversion technique, such as low power consumption, are achieved in the reception of the frequency modulated signal,. The required components can be advantageously manufactured on an integrated circuit. Besides these advantages, a good quality of the detected signal is achieved.

Figure 3



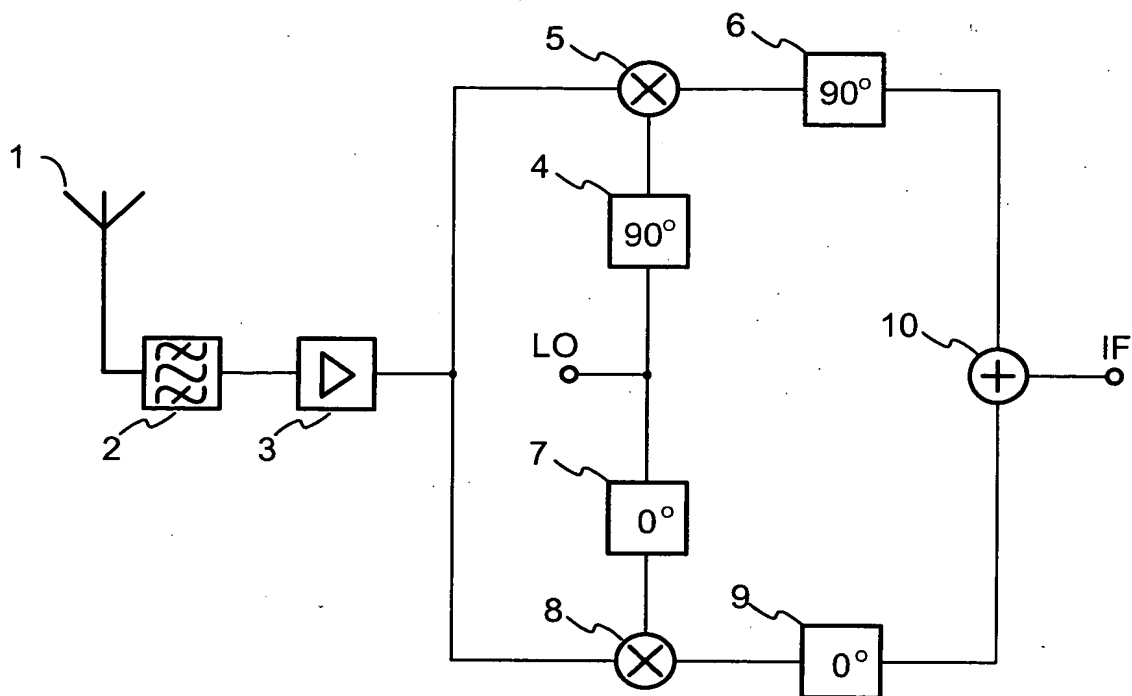


FIG. 1  
PRIOR ART

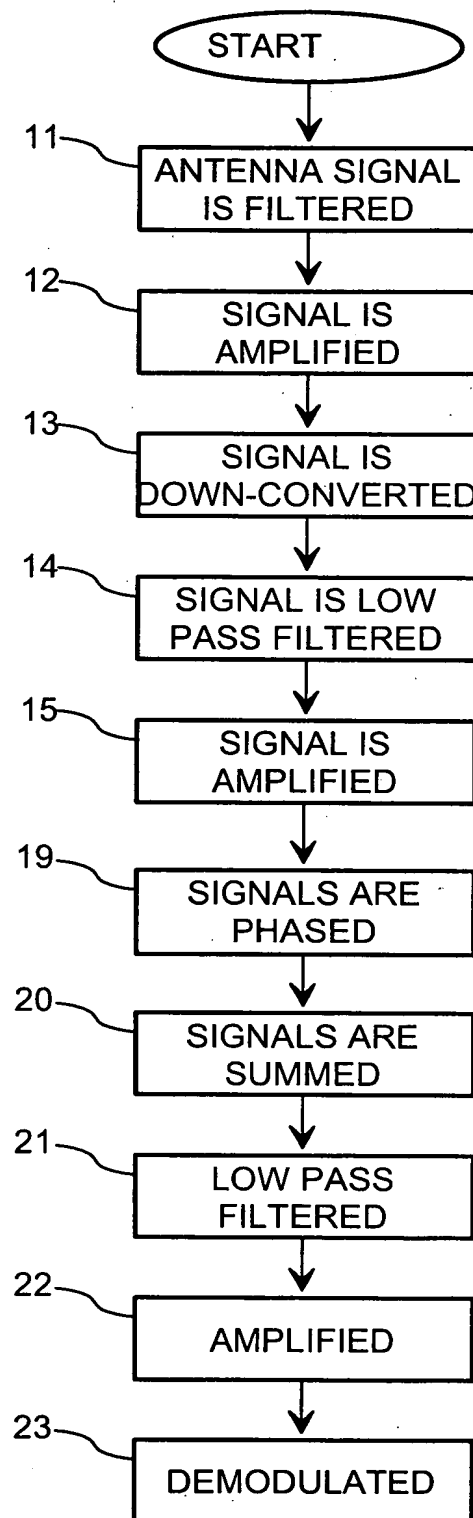


FIG. 2

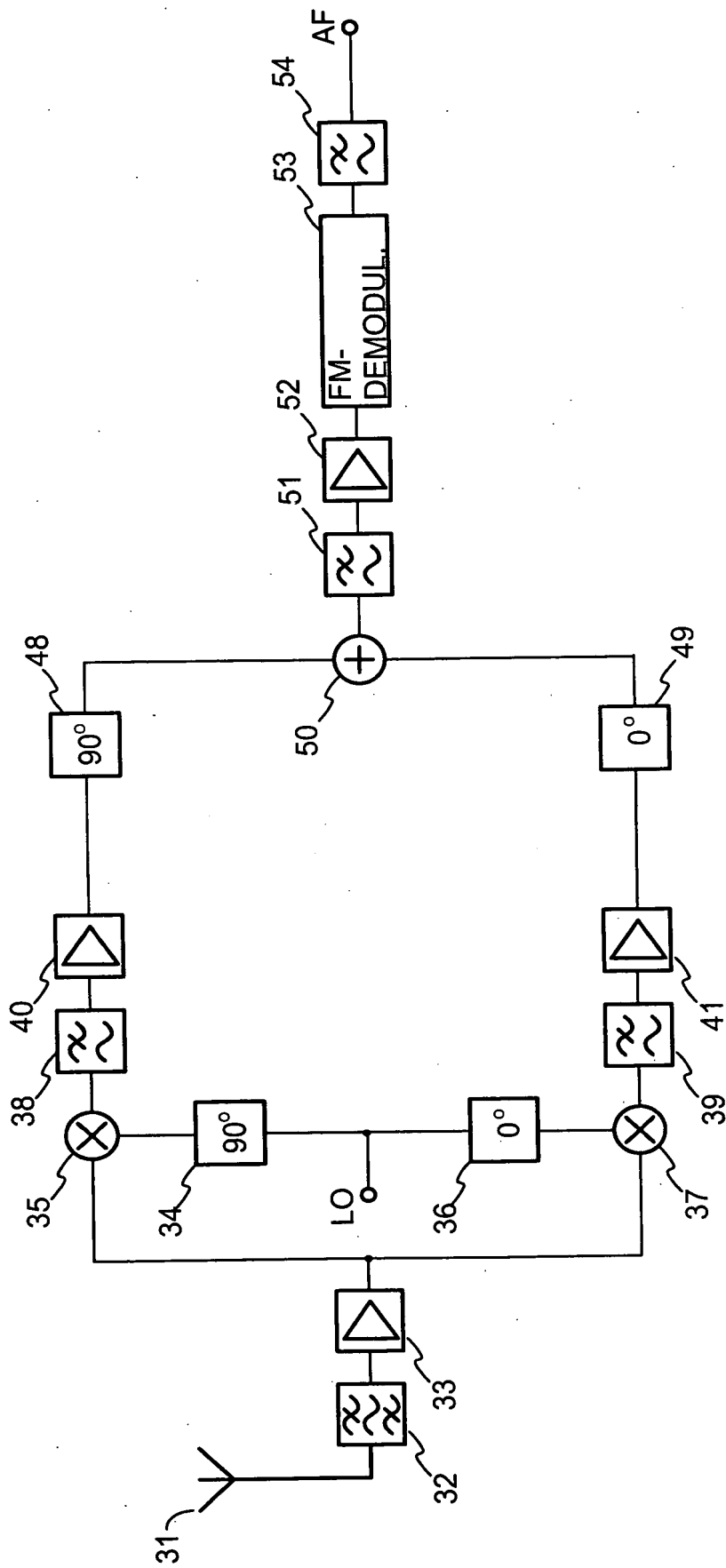


FIG. 3

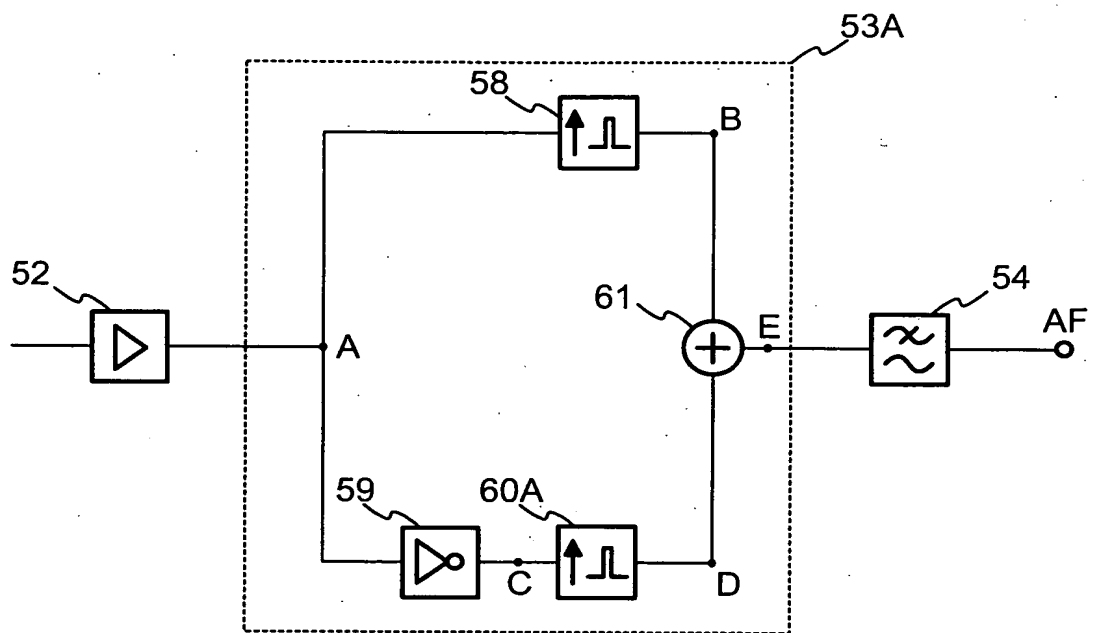


FIG. 4A

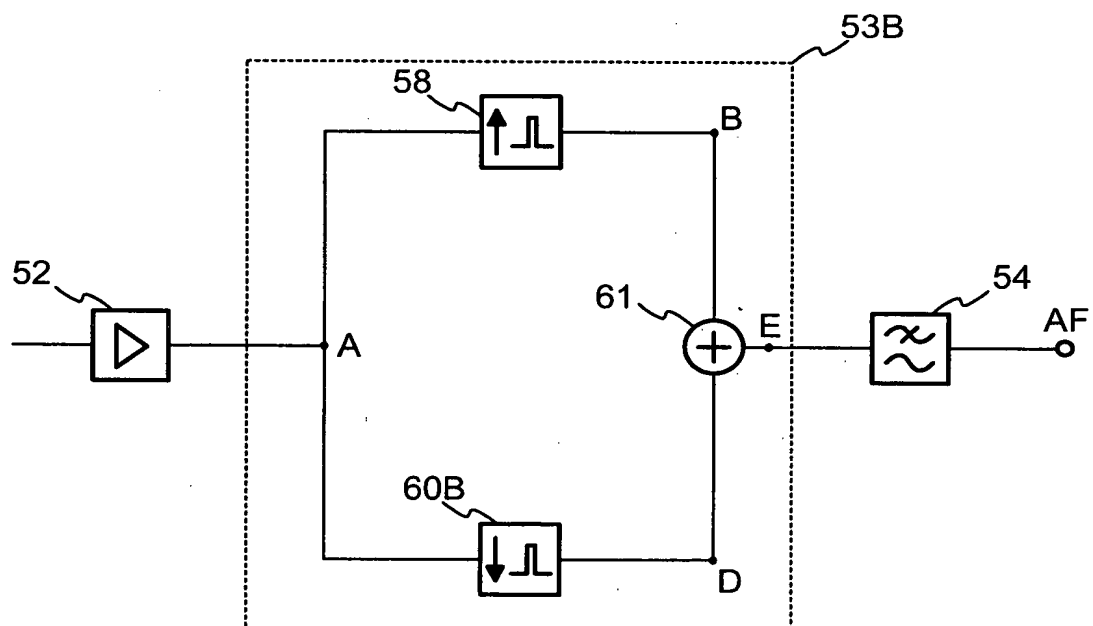


FIG. 4B

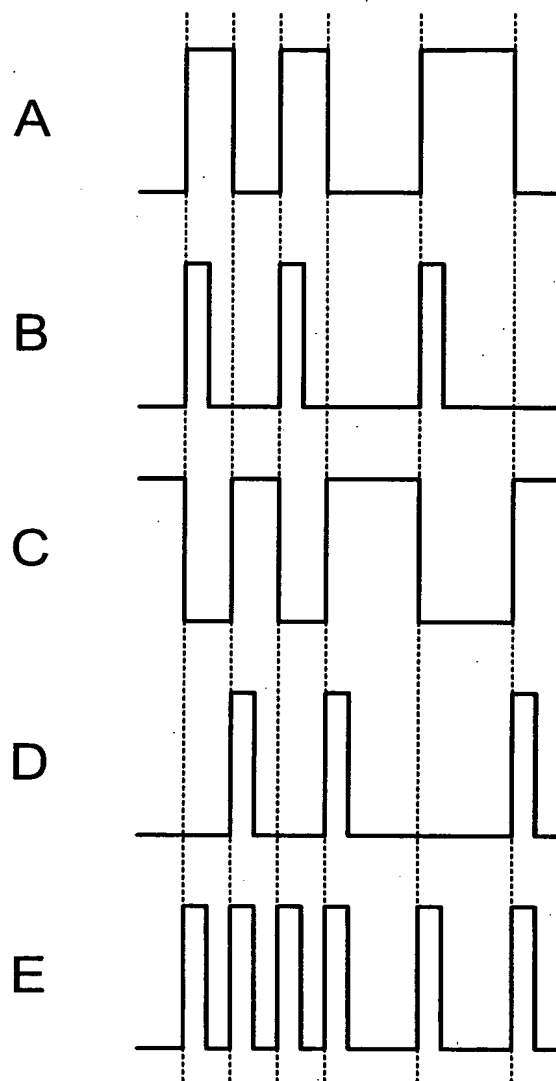


FIG. 5

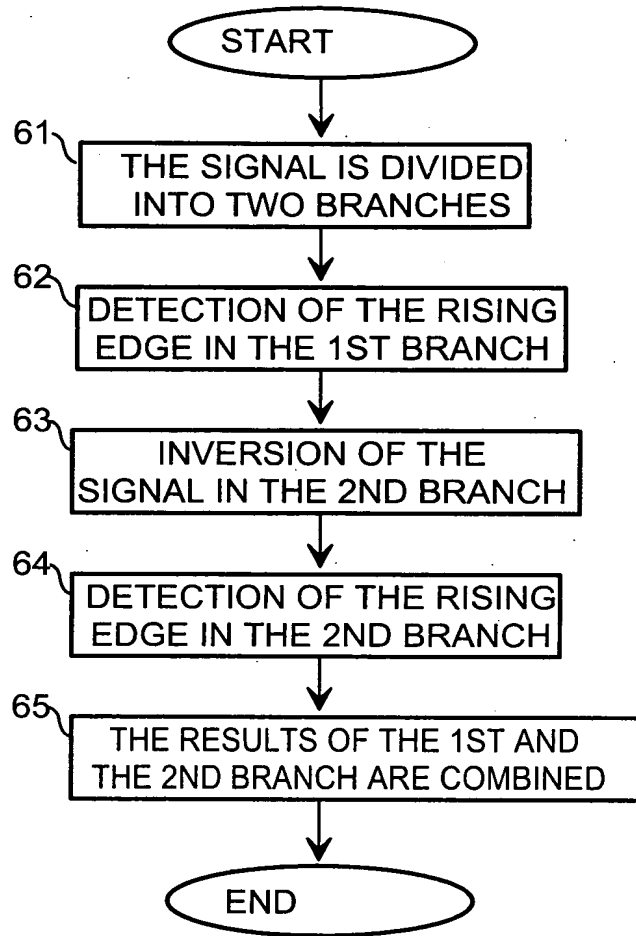


FIG. 6A

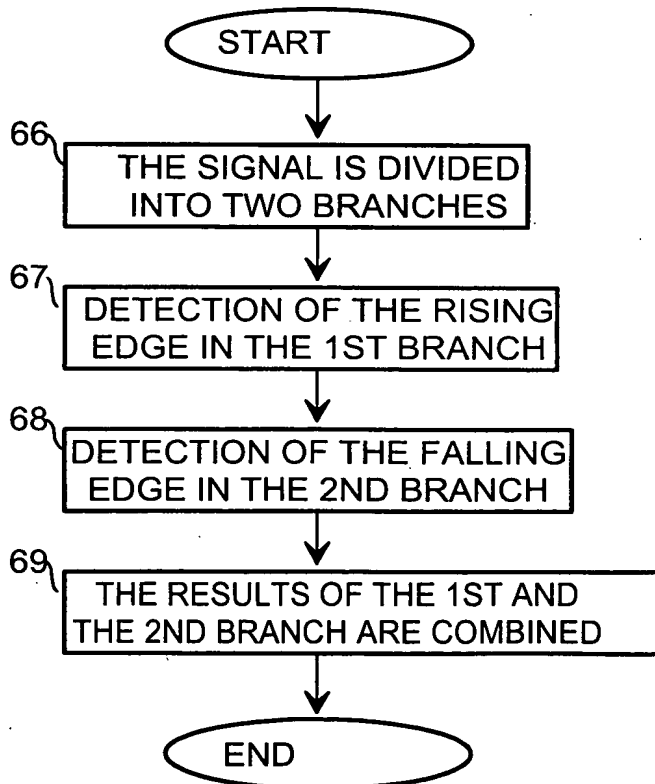


FIG. 6B